

Arttu Eerikäinen

Varastorobotin kokoonpano-ohje

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

13.10.2015

Tekijä Otsikko	Arttu Eerikäinen Varastorobotin kokoonpano-ohje
Sivumäärä Aika	33 sivua 13.10.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaajat	Customer Solutions Manager, Tero Viitanen Lehtori, Timo Junell
<p>Opinnäytetyön tilaajana oli Festo Oy, joka valmistaa erilaisia asiakaskohtaisia tehdas- ja prosessiautomaatioratkaisuja. Työn tarkoitus oli luoda kokoonpano-ohje yrityksen valmistamalle varastorobotille, jotta laitteen tuotanto saataisiin sujuvammaksi ja laatu tasaiseksi.</p> <p>Työn aikana suoritettiin robotin kokoonpano, jotta saatiin kokonaisvaltainen kuva tuotteen valmistusprosessista. Ennen kirjallisen ohjeen laatimista yrityksessä työskenteleviltä asentajilta tiedusteltiin millainen ohje olisi heille hyödyllisin tuotannon kannalta. Ohjetta tehtäessä keskityttiin sisällön helppolukuisuuteen ja kattavaan kuvamateriaaliin. Työssä tarkasteltiin myös robottia ja sen valmistusta koskevia standardeja ja niiden vaikutusta tuotteen kokoonpanoon sekä käytössä olevaa Lean-mallia ja sen soveltamista ohjeistukseen.</p> <p>Ohjeesta tuli hyödyllinen osa laitteen kokoonpanoprosessia. Tulevaisuudessa on tarkoitus luoda samanlaiset kokoonpano-ohjeet kaikille robotin eri kokonaisuuksille sekä pakkausprosessille. Tavoitteena on myös hyödyntää käytettävissä olevia työohjeiden luontiohjeita uusien ohjeiden luomisessa.</p>	
Avainsanat	varastorobotti, kokoonpano-ohje, LEAN, 5S

Author Title	Arttu Eerikäinen Assembly instruction for storage robot
Number of Pages Date	33 pages 13 October 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Energy and Environmental Engineering
Instructors	Tero Viitanen Customer Solutions Manager Timo Junell Lecturer
<p>This thesis was commissioned by Festo Oy which manufactures different kinds of customer solutions for industrial and process automation companies. The purpose of this Bachelor's thesis was to create assembly instructions for the Festo warehouse robot in order to improve the efficiency and quality of the production process.</p> <p>As a part of the process, the whole robot was assembled from the beginning so that it would clarify the manufacturing process. Before creating the instructions, the assemblers were interviewed what kind of instructions would support their assembly work the best. The main targets in the creation of the instructions were that they should be easy to read and include several photos of the process. The thesis includes also a study of the standards affecting both the robot and the instructions.</p> <p>As a result, the instructions became a useful part of the assembly process. In the future the goal is to create similar instructions for other parts of the robot assembly as well. Furthermore, another future goal is to make use of the existing programs when creating new assembly instructions.</p>	
Keywords	Storage robot, assembly instructions, LEAN, 5S

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoitteet ja rajaukset	1
2	Tilaajayritys	2
3	Varastorobotti	3
3.1	Varastorobotin keskeiset sähköiset komponentit	3
3.2	Varastorobotin keskeiset mekaaniset komponentit	6
4	Lean-malli	9
4.1	Historia	9
4.2	Lean-mallin tavoitteet	9
4.3	3MU	10
4.4	4M	10
4.5	Seitsemän hukkaa	11
4.6	5S-menetelmä	17
4.7	5S:n keskeiset tavoitteet ja vaiheet	18
5	Varastorobottia ja sen valmistusta koskevat standardit ja direktiivit	20
5.1	Konedirektiivi	20
5.2	Konedirektiivin standardit	21
5.3	SFS-EN ISO 10218-2	22
5.3.1	Rakenneosien virhetoiminnot	22
5.3.2	Sähköliittimet	22
6	Kokoonpano-ohje	23
6.1	Kokoonpano	23
6.2	Ohjeen laadinnan taustaa	23
6.3	Ohjeen kannalta keskeiset Lean-ongelmat	25
7	Kokoonpano-ohjeen luontiprosessi	27
7.1	Alkutilanne	27

7.2	Tuotantotilat	27
7.3	Kartoitus	28
7.4	Robotin kokoaminen	29
7.5	Ohjeen rakenne	29
8	Yhteenveto	32
	Lähteet	33

Lyhenteet

AC	Alternating current, vaihtovirta
AR	Augmented reality, lisätty todellisuus
DC	Direct current, tasavirta
MIT	Massachusetts Institute of Technology, Massachusettsin Teknillinen Korkeakoulu
PDF	Portable Document Format
Poka yoke	Tuotannon nollavirhetaso-järjestelmä
TPS	Toyota Production System
VSM	Value Stream Mapping, arvovirtakartoitus

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Tämän opinnäytetyön tilaajana oli Festo Oy, joka valmistaa räätälöityjä automaatiokoonpanoja asiakkailleen. Työssä keskitytään yksinomaan asiakasta varten räätälöityyn varastorobottiin ja sen kokoonpano-ohjeen luontiin. Ohje tulee koulutettujen ja perehdytettyjen asentajien käyttöön kokoonpanon eri vaiheissa.

Ohjetta tehdessä kiinnitettiin huomioita tuotetta koskeviin standardeihin sekä ensisijaisesti kokoonpanoprosessin sujuvuuteen ja tasalaatuisuuteen. Ohjeessa otettiin huomioon myös Lean-ajattelun tuotantoa ja prosessointia koskevat kohdat.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset

Työn tavoitteena oli luoda kokoonpanoprosessia nopeuttava ja laadun tasaisuuteen tähtäävä kokoonpano-ohje varastorobotille, joka on räätälöity asiakkaan määrittelemiін tarpeisiin sopivaksi. Kokoonpano-ohjeen tulisi olla helppolukuinen ja käytännöllinen sekä sen tulisi asentajien toiveesta sisältää paljon kuvia eri kokoonpanovaiheista ja niihin liittyvistä mahdollisista ongelmakohdista. Ohjeen ohessa korjattaisiin ohjeen kannalta keskeisiä asioita tuotantotiloissa.

Ohjeen oli tarkoitus olla osa uuden tuotteen valmistusprosessia, ja jatkossa pyritään luomaan ohjeet myös lopuille samaan projektiin kuuluville ratkaisuille. Ohje toimisi myös eräänlaisena prototyyppinä ja kehitysalustana tuleville ohjeille.

Valmiin ohjeen tuli olla saatavilla sähköisessä muodossa, mutta se ei saanut sisältää 3D-kuvia, sillä tuotannon työntekijöillä ei ole mahdollisuuksia niiden hyödyntämiseen. Lisäksi ohjeen luomisesta ei saanut koitua mittavia kuluja yritykselle.

2 Tilaajayritys

Festo Oy on vuonna 1925 perustettu saksalainen yritys, joka valmistaa pneumaattisia, servopneumaattisia ja sähköisiä automaatiojärjestelmiä. Festo valmisti aluksi moottorisahoja ja erilaisia kannettavia työkaluja, joiden valmistus hajautettiin muusta toiminnasta, kun automaatoratkaisuista ja -tarvikkeista tuli yrityksen päätuotteita. (Festo AG & Co 2015.)

Yritys työllistää 17 800 työntekijää maailmanlaajuisesti 61:ssä eri maassa, ja liikevaihto oli 2,45 miljardia euroa vuonna 2014. Festolla on tarjolla noin 30 000 katalogituotetta useina eri variaatioina, ja yritys tuottaa noin 10 000 asiakasratkaisua vuodessa. Pääkonttori sijaitsee Esslingenissä (Kuva 1) ja suurin tuotantolaitos Rohrbachissa Saksassa (Festo 2015). Festo tarjoaa laitteiden lisäksi alusta loppuun asiakkaan toiveiden mukaan valmistettuja automaatiojärjestelmiä ja niiden osia. Yrityksellä on myös oma koulutukseen erikoistunut osasto, joka on läheisessä yhteistyössä erilaisten oppilaitosten kanssa. (Festo AG & Co 2015.)

Feston tuotteet kattavat laajan valikoiman automaatiokomponentteja venttiileistä ohjausjärjestelmiin. Asiakkaille valmistettavat kokonaisuudet vaihtelevat yksinkertaisista täyspneumaattisista ratkaisuista monimutkaisiin sähköisiin robottiyksiköihin. Tuotteiden suunnittelu on vahvasti asiakaslähtöistä, minkä tavoitteena on luoda juuri kullekin asiakkaalle tarpeeseensa sopiva tuote. (Festo AG & Co. 2015.)



Kuva 1. Feston pääkonttori Esslingenissä (Festo. 2015).

3 Varastorobotti

Opinnäytetyössä käsiteltävä varastorobotti oli Feston asiakkaan tilaama kokonaisuus, joka koostui erillisestä syöttöyksiköstä, tarttujasta, sähkökaapista ja itse varastotilasta, johon on sisällytetty tarttujan liikuttamiseen tarvittavaa automatiikkaa. Kokoonpano-ohje suunniteltiin nimenomaan robotin varastotilaa ja sen komponentteja varten.

Robotin kokoonpano koostui sähköisistä ja mekaanisista asennuksista, aina johtosarjojen valmistuksesta akselien kiinnitykseen ja moottorien asennukseen. Asennustöiden moninaisuus puolestaan vaatii asentajalta osaamista useammalla eri osa-alueella. Jatkossa tuotteen valmistusta pyritään yksinkertaistamaan vähentämällä työvaiheita ulkoistamalla osa komponenttien valmistuksesta alihankkijoille.

3.1 Varastorobotin keskeiset sähköiset komponentit

Servomoottori

Servomoottori on usein sähköinen moottori, joka on varustettu pulssianturilla, synkrolla, resolverilla tai yksikertaisimmissa sovelluksissa potentiometrillä (Kuva 2). Potentiometri antaa vain moottorin asematiedon, kun taas pulssianturi antaa usein lisäksi tiedon nopeudesta ja tarvittaessa suunnasta. Pulssianturi voi olla inkrementtianturi, joka antaa paikkatiedon poikkeamana jostain pisteestä tai absoluuttianturi, joka ilmoittaa moottorin todellisen aseman. Resolveri ja synkro perustuvat käämien jännitteiden mittaukseen, joiden avulla voidaan määrittää asema tai vääntö. Servomoottoria ohjataan servo-ohjaimella, joka vastaanottaa anturin lähettämän asematiedon ja vertaa sitä haluttuun asematietoon. Ohjain muuttaa moottorin pyörimistä niin, että päästään tavoiteasemaan. (Firoozian 2009: 59–60.)

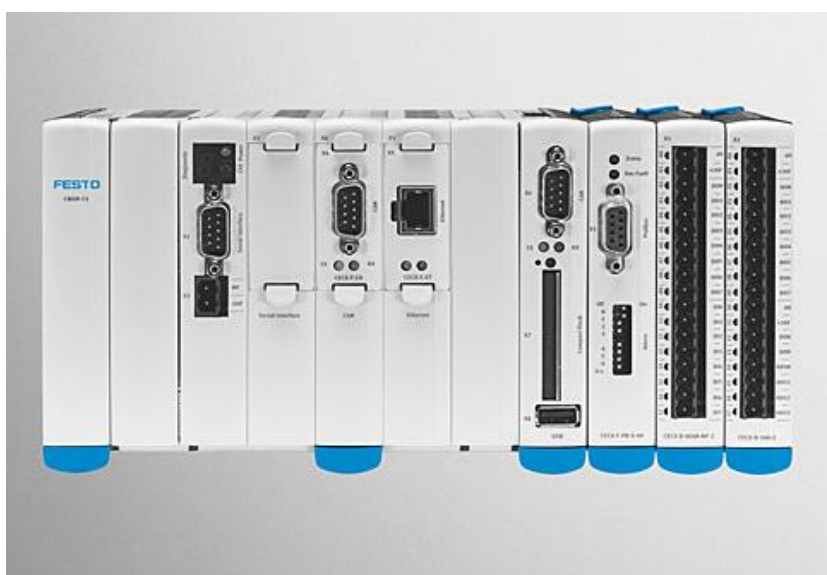
Servo-ohjattuja laitteita on myös pneumaattisia ja hydraulisia. Useimmat tarkkuutta vaativat sovellukset ovat kuitenkin sähköisiä servojärjestelmiä, joiden moottorityyppejä ovat mm. DC-, harjaton DC- ja AC-servomoottori. (Firoozian 2009: 59–60.)



Kuva 2. Feston servomoottori ja -ohjain (Festo 2015).

Servo-ohjain ja vahvistin

Servo-ohjain on ohjausjärjestelmä, joka lähettää liikettä, nopeutta tai vääntömomenttia koskevia käskyjä servomoottorille (Kuva 3). Käskyt kulkevat vahvistimen kautta, joka vahvistaa ohjaimen moottorille lähettämän signaalin muotoon, jota moottori voi käyttää. Vahvistin saa tietoa servomoottorin pulssianturilta, minkä avulla se ohjaa moottorin liikettä, nopeutta tai vääntömomenttia. (Kiong-Putra 2011: 1–2.)



Kuva 3. Feston moniakseliservo-ohjain (Festo 2015).

Askelmoottori

Askelmoottori on useimmiten harjaton DC-moottori, jossa sähköinen impulssi muutetaan mekaaniseksi liikkeeksi ja akselin kierros on jaettu useaan eri vaiheeseen. Vaiheet mahdollistavat moottorin ohjauksen ilman erillistä paikkatietoanturia. Askelmoottoreita käytetään usein tarkkaa paikoitusta vaativissa sovelluksissa. Moottori ei käy sovelluksiin, joissa tarvitaan suurta vääntömomenttia, sillä voiman kasvaessa askelmoottori alkaa jättämään askelia välistä ja moottorin ohjaus ei ole tarkkaa. (Firoozian 2009: 81–83.)

Askelmoottorit jaetaan kolmeen ryhmään eri toimintaperiaatteidensa mukaan:

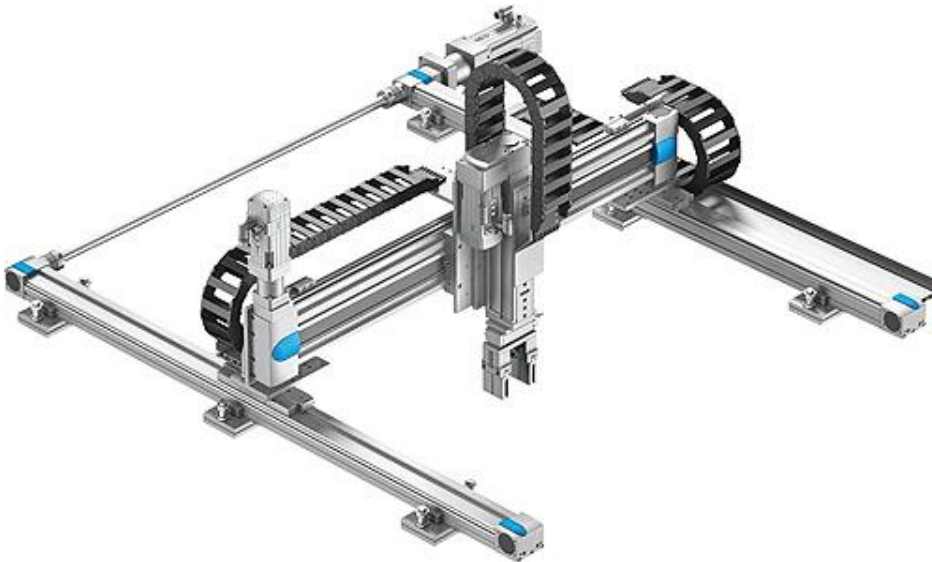
- kestmagneettiaskelmoottorit
- reluktanssiaskelmoottorit
- hybridiaskelmoottorit.

Tässä työssä käsiteltävässä robotissa käytetään Feston omia harjattomia DC-askelmoottoreita joiden ohessa käytetään tarvittaessa normaalia- tai kulmavaihdetta.

Manipulaattori

Manipulaattori tarkoittaa automaattista siirtolaitetta, jota ohjataan erillisellä ohjauksella (Kuva 4). Manipulaattoreita on useita erilaisia ja niiden käyttötarkoitukset vaihtelevat aina mikrokirurgiasta teollisuushisseihin. Manipulaattoreita käytetään robotiikassa liikuttamaan materiaaleja ilman ihmiskontaktia. (Manipulator 2015.)

Robotissa käytetään koneistetuista osista valmistettuja tarttujia, jotka on varustettu Feston askelmoottorilla, sekä ulkopuolisten valmistajien valmiita tarttujia.



Kuva 4. Feston manipulaattorikokoonpano (Festo 2015).

3.2 Varastorobotin keskeiset mekaaniset komponentit

Profiilirunko

Robotin runko on koottu Feston alumiiniprofilista (Kuva 5). Profiili soveltuu hyvin monenlaisiin sovelluksiin muuteltavuutensa ja liitettävyytensä ansiosta. Alumiiniprofiili on verrattain kevyttä ja sopii näin ollen hyvin automaatio-sovelluksiin. Profiileita voi myös käyttää siirtämään paineilmaa ilman letkujen asennusta profiilissa olevan energiansiirtokäytävän (Kuva 6) ansiosta.



Kuva 5. Kuvassa erilaisia Feston profiileita (Festo 2015).



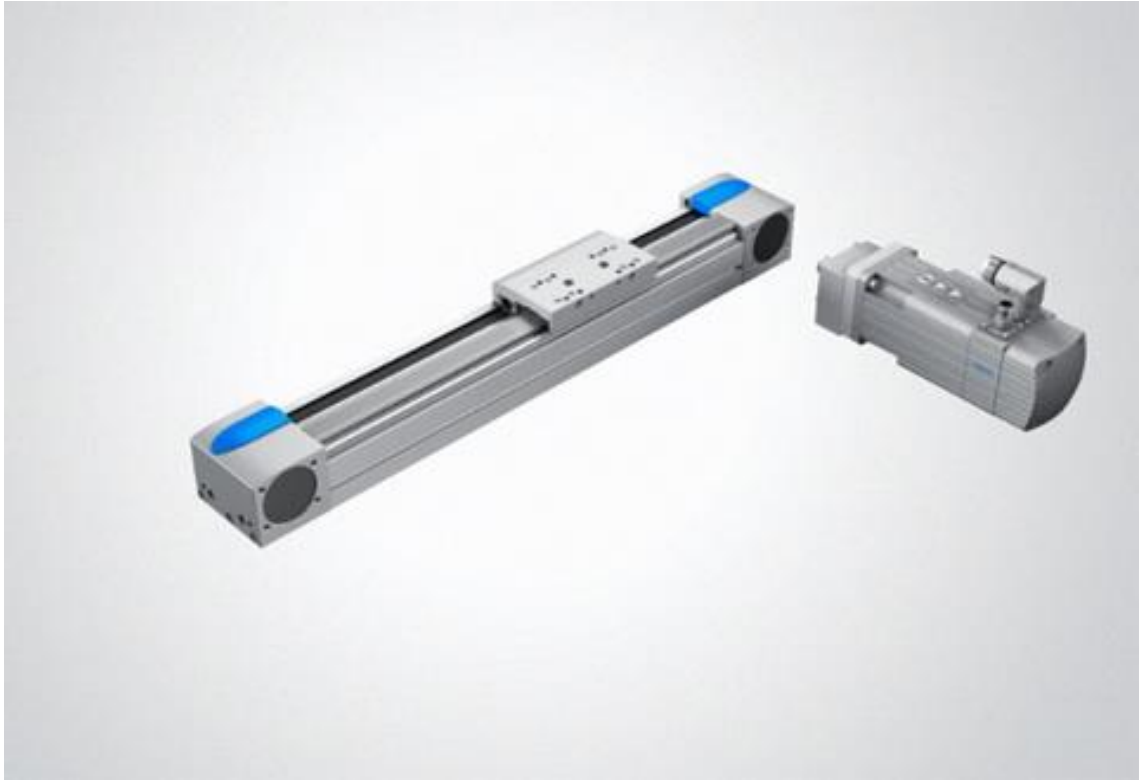
Kuva 6. Profiilin energiansiirtokäytävä (Festo 2015).

Profiileja on tarjolla eri kokoina sekä useilla eri kiinnitysurilla. Profiilit ovat yhteensopivia muiden Feston tuotteiden kanssa, joita on tarjolla montaa eri kategorialla aina renkaista erilaisiin liittimiin. (Festo 2015.)

Akselit

Akseleita käytetään liikuttamaan toimilaitteita robotin sisällä (Kuva 7). Akseleita käyttäen saadaan muodostettua monimutkaisiakin liikeratoja riippuen akselien määrästä ja tyy-pistä. Varastorobotissa käytetään kahta pystyakselia, joihin vaaka-akseli kiinnitetään. Robotin liikerata on kaksiulotteinen.

Akseleissa on laakeroidut päätyakselit, joissa on uritetut hihnapyörät. Akseleihin saa kiinnitettyä Feston moottorin tai vaihteen. Akselin mitoituksessa huomioidaan liikutettavien kappaleiden ja kokoonpanon komponenttien massa ja nopeuden tarve. Kiinnityksen voi suorittaa kumpaan tahansa päähän akselia tai kummalle puolelle tahansa. Akselissa on valmiit urat antureita varten sekä useita eri kiinnitysvariaatioita. (Festo 2015.)



Kuva 7. Festo EGC-akseli ja moottori (Festo 2015).

4 Lean-malli

4.1 Historia

Lean-malli ja -ajattelu sai alkunsa 1950-luvun alussa Toyotan tehtailla, kun insinööri Taiichi Ohno kehitti TPS-mallin tehostamaan tuotantoprosessia. Tuotantosysteemi auttoi sittemmin Toyotaa kasvamaan kuorma-autojen valmistajasta yhdeksi maailman suurimmista autojen valmistajista. Vuosien kuluessa Toyota on pystynyt säilyttämään strategisen etulyöntiaseman muihin valmistajiin nähden noudattamalla TPS-mallia, mutta nykyään yhä useampi yritys on pyrkinyt jäljittelemään kyseistä tuotantomallia. (Chiarini 2013: 15–16.)

Lean-malli on syntynyt myöhemmin Toyotan mallin pohjalta. Lean-mallin esittelivät ensi kertaa MIT:n tutkijat James Womack ja Daniel Jones kirjassaan *The Machine That Changed the World*, jossa Lean-ajatteluun tutustuttiin massatuotannon näkökulmasta. (Chiarini 2013: 18.)

4.2 Lean-mallin tavoitteet

Lean-mallissa keskitytään turhien ja tuottamattomien toimintojen eli hukan poistamiseen yrityksen tuotantoketjusta. Näitä toimintoja ovat kuljetukset, liike, varastot, ylituotanto, odotusaika, yliprosessointi ja viallinen tuote. Lean pyrkii yksinkertaistettuna tehostamaan tuotantoa niin, että tuotetaan mahdollisimman paljon oikeanlaisia tuotteita, oikeaan aikaan ja paikkaan mahdollisimman laadukkaina. (Kouri 2010: 6.) Yrityksen hukka voidaan jakaa osiin, ja yleisimmät tavat niiden jaotteluun ovat

- 3MU
- 4M
- seitsemän hukkaa (TPS-pohjainen).

Turhien toimintojen kartoittamisen pohjalta tuotantoon pyritään tekemään muutoksia, jotka parantavat asiakastyytyväisyyttä ja tehostavat tuotantoa. Toimintamallin perusajatuksena on tinkimätön laatuajattelu, josta vastuu kuuluu kaikille yrityksen työntekijöille aina asentajista firman johtoon.

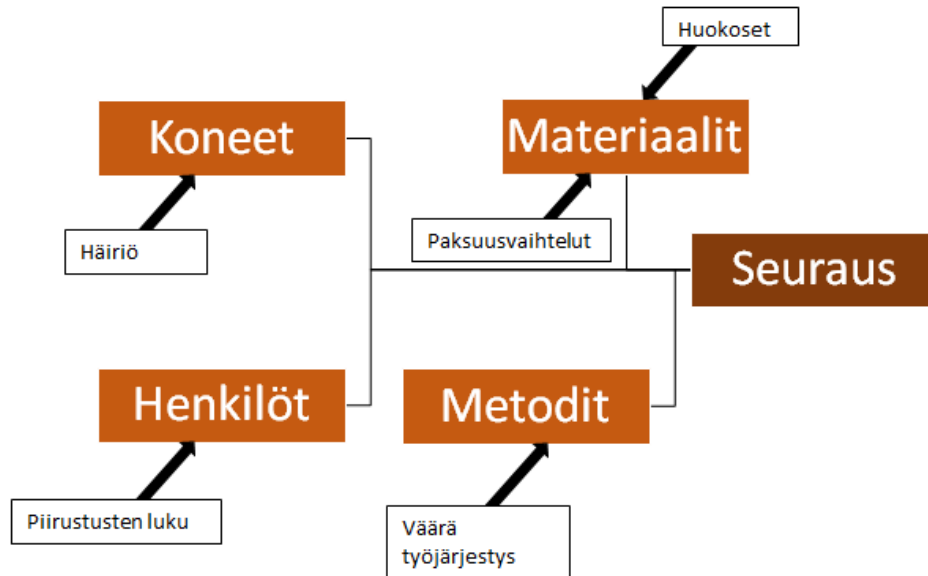
4.3 3MU

Lean-mallin ohessa hukasta puhuttaessa käytetään usein japanilaista 3MU-jakoa erilaisen turhien toimintojen luokitteluun. 3MU-tapa jaotella hukka keskittyy tasapainon luomiseen työtaakan ja käytettävissä olevan kapasiteetin välillä. (Chiarini 2013: 18.) 3MU saa nimensä japaninkielisistä sanoista *muda*, *mura* ja *muri*, jotka määritellään seuraavasti:

1. *Muda* (haaskaus) = Enemmän kapasiteettia kuin työkuorma vaatii (todellinen hukka).
2. *Mura* (epätasaisuus) = Kapasiteettia ei saada keskitettyä.
3. *Muri* (ylikuorma) = Suurempi työkuorma kuin mitä kapasiteetti sallii.

4.4 4M

4M-jaottelu perustuu Kaoru Ishikawan suunnittelemaan syy ja seuraus -kaavioon (Kuva 8). Eri hukkalajit jaetaan niiden alkuperän mukaan: M = *Man* (ihminen), M = *Material* (materiaali), M = *Machine* (kone) ja M = *Method* (menetelmä). (Chiarini 2013: 18–19.) Joskus menetelmään lisätään viides kohta M = *Mother Nature* (luonto), joka käsittää muun muassa vallitsevan lämpötilan ja kosteuden.



Kuva 8. Syy ja seuraus-kaavio.

4.5 Seitsemän hukkaa

Lean-mallista puhuttaessa yleisin tuottamattomien toimintojen lajittelutapa on seitsemään eri hukkalajiin keskittyvä Toyotan kehittämä malli, joka auttaa löytämään hukkien alkuperän analysoimalla tuotannon virtausta. Tuottamattomat toiminnot on jaettu seuraaviin luokkiin:

1. Ylituotanto

Ylituotanto on yksi suurimmista ongelmista tuotantoteollisuudessa. Ylituotanto tarkoittaa tuotteen valmistamista yli tarpeen liian aikaisin tai nopeasti. Usein ajatellaan, että varastoon valmistetut tuotteet menevät ennen pitkää kaupaksi, mutta turha varastointi aiheuttaa seuraavia ongelmia:

- varaston kasvu
- tuotantoprosessin hidastuminen
- tuotannon suunnitellun joustavuus kärsii
- epäsuorien kulujen kasvu, kuten tavaran kuljetukset ja liikuttaminen.

Ylituotannon syitä ovat muun muassa seuraavat:

- valmistaminen ennen kysyntää
- asennuksen/valmistamisen hitaus
- varaston kasvattaminen vikojen korjaamiseksi
- liika työvoima
- liian monta tai liian tehokasta konetta.

Ylituotantoa voidaan välttää analysoimalla tuotantoprosessia ja tasapainottamalla työtaakan saatavilla olevan työvoiman kanssa. (Chiarini 2013: 20–21.)

2. Odottelu ja viivästykset

Odottelu ei koske vain työntekijöiden toimintaa vaan myös koneiden toimintoja. Odottelu ei tuo tuotteelle lisäarvoa ja laskee myös tuotantonopeutta. Yleisimmät syyt odotteluun ovat

- tuotannon toimintojen keskinäinen epätasapaino
- huono työkalujen ja koneiden ennaltaehkäisevä huolto
- suuret tuotantomäärät
- järjestyksen ja siisteyden puute
- ohjeiden ja menettelytapojen puute.

Odottelun määrää voidaan vähentää

- tasapainottamalla tuotantoa
- parantamalla tuotantotilojen asemapiirustuksia
- huoltamalla koneita ja työkaluja järjestelmällisesti
- ylläpitämällä järjestystä ja siisteyttä (5S-menetelmä)
- nopeammilla läpimenoajoilla
- poka yoke-järjestelmällä/virheiden alkuperän kartoituksella. (Chiarini 2013: 29.)

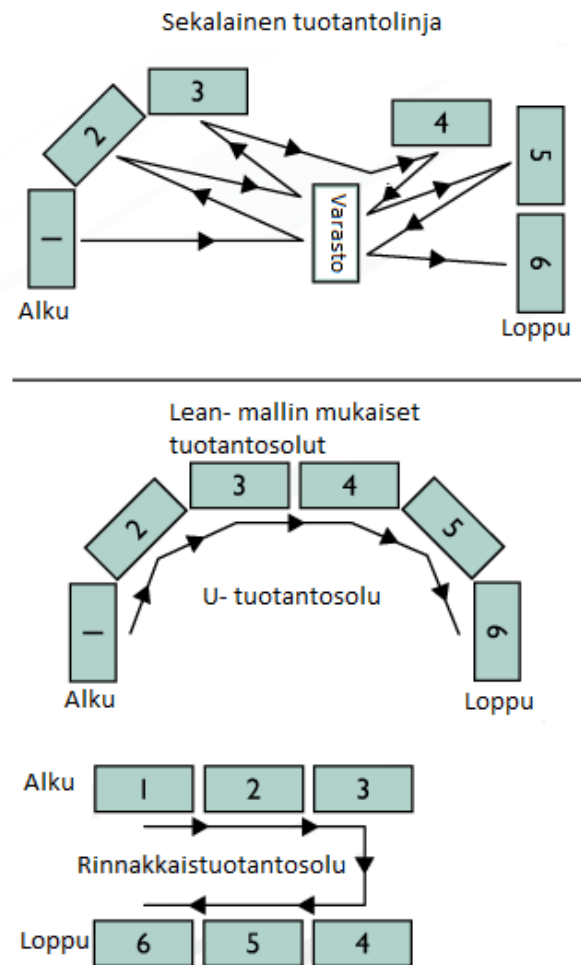
3. Tarpeeton kuljettaminen

Ylimääräinen kuljettaminen ei tuo lisää asiakasarvoa, ja se on usein seurausta liiallisesta varastoinnista. Tuotannossa tarpeeton kuljettaminen on usein materiaalien tai valmiiden tuotteiden liikuttamista varastosta toiseen tai tuotantopisteelle. Syinä tarpeettomalle kuljettamiselle ovat usein seuraavat:

- huono tuotantotilojen suunnittelu
- työntekijöiden huono ammattitaito
- liian suuret tuotantotilat.

Lean-mallin ratkaisut tarpeettomalle kuljettamiselle ovat seuraavat:

- VSM analysointi
- U-tuotantosolut (Kuva 9)
- moniosaavat työntekijät. (Chiarini 2013: 26–27.)



Kuva 9. Lean-mallin mukaiset tuotantosolut.

4. Laatuvirheet

Laatuvirhe tarkoittaa sitä, kun asiakas ei ole tyytyväinen valmistettuun tuotteeseen tai se ei täytä sille asetettuja laatuvaatimuksia. Laatuvirheet johtavat asiakastytymättömyyteen ja materiaalihukkaan. Korvaavan tuotteen valmistus aiheuttaa lisäkuormaa tuotantoon ja sekoittaa aikataulutuksia.

Laatuvirheitä aiheuttavat usein seuraavat asiat:

- viallinen komponentti/huonot materiaalit
- huonot ohjeet tai työtavat
- epäpätevä työntekijä
- työhön soveltumattomat koneet ja työkalut.

Laatuvirheitä voidaan ehkäistä seuraavasti:

- työntekijöiden koulutus
- poka yoke-järjestelmä (nollavirhetaso), virheiden alkuperän kartoitus
- laaduntarkkailulaitteet
- työohjeiden muokkaus
- ennaltaehkäisevä virheanalyysi. (Chiarini 2013: 24–25.)

5. Tarpeettomat varastot

Tarpeettomat varastot ovat usein kytköksissä ylituotantoon. Varastot voivat koostua tuotteisiin käytettävistä materiaaleista, puolivalmiista kokoonpanoista, valmiista tuotteista tai vaikka vastausta odottavista sähköposteista. Tarpeeton varastointi ei tuo lisäarvoa asiakkaalle, mikä tarkoittaa tuotteen varsinaisen rahallisen arvon alenemista. Varastointi kätkee yleensä muita ongelmia.

Paras tapa tarpeettomien varastojen välttämiseksi on ottaa selvää, mihin tuotteita tai materiaaleja kasaantuu ja mistä se johtuu. Yleisimpiä syitä tarpeettomille varastoille ovat:

- suuret tilausmäärät
- etukäteen valmistaminen
- tuotannon pullonkaulat
- tehottomat tai vialliset valmistusvaiheet
- alkupään valmistusvaiheet ovat nopeampia kuin lopussa.

Lean-mallin mukaiset tavat turhien varastojen poistoon ovat

- solutuotanto
- parempi tasapainotus työn määrän ja tekijöiden suhteen
- imu-tuotanto, eli tuote valmistetaan vasta tilauksen tullessa
- nopeammat läpimenoajat. (Chiarini 2013: 21–23.)

6. Ylikäsittely

Tuotannon aikainen hukka viittaa usein toimintoihin, jotka ovat tarpeettomia tai joita asiakas ei vaadi tuotteen valmistukselta. Toimintoja ei kuitenkaan tule sekoittaa sellaisiin, jotka ovat valmistuksen kannalta välttämättömiä, mutta tuottavat ylimäärän tuotteita.

Ylikäsittely johtuu usein

- puutteellisesta tuotantoprosessin suunnittelusta
- puutteellisesta toiminnan tutkimisesta
- keskeneräisistä tai puutteellisista toimintojen standardoinnista
- työhön soveltumattomista työkaluista ja koneista
- työhön soveltumattomista materiaaleista.

Ylikäsittelyä voidaan ehkäistä

- uudelleensuunnittelemalla tuotantoprosessia
- tarkastelemalla tuotantotoimintaa
- automatisoimalla tehtäviä
- korjaamalla ja uudistamalla ohjeita ja toimenpiteitä
- soveltamalla arvoanalyysiä (tuotteen kustannusten alentaminen). (Chiarini 2013: 27–29.)

7. Tarpeeton liike työskentelyssä

Tarpeeton liike tarkoittaa työntekijöiden turhaa liikkumista työn ohessa, kuten työkalujen ja materiaalien etsintää. Syynä tarpeettomalla liikkeelle ovat seuraavat:

- huono tuotantotilojen suunnittelu
- huono työntekijöiden ammattitaito tai taidonpuute
- työtuntien lisääntyminen (ylityöt)
- järjestyksen ja siisteyden puute.

Tarpeetonta liikkumista voidaan välttää seuraavasti:

- työntekijöiden kouluttaminen
- 5S-menetelmän käyttö
- ohjeiden läpikäynti. (Chiarini 2013: 21.)

4.6 5S-menetelmä

5S-menetelmä on Japanissa kehitetty Lean-mallin työpaikan organisointiin keskittyvä menetelmä, jonka avulla pyritään parantamaan tuottavuutta, tehokkuutta ja turvallisuutta. 5S:n käyttöönoton yhteydessä arvioidaan työpaikan koneiden, työpisteiden ja materiaalien paikat sekä organisoidaan työpisteet niin, että tarpeettomia tarvikkeita tai materiaaleja ei ole lähettyvillä. Työkalut, osat ja tarvikkeet järjestetään siten, että niiden etsimiseen käytettävä aika on mahdollisimman pieni ja työpisteestä saadaan samalla siisti, miellyttävä ja turvallinen työympäristö. (Kouri 2010: 26.)

4.7 5S:n keskeiset tavoitteet ja vaiheet

5S:n keskeiset tavoitteet ovat

- toiminnan systemaattisuuden, laadun ja tuottavuuden kehittäminen
- työturvallisuuden kehittäminen
- tuotantovälineiden seurannan ja valvonnan tehostaminen
- sujuvan toiminnan poikkeamien havaitseminen
- järjestyksen ylläpito.

Tavoitteisiin päästään noudattamalla mallin viittä eri vaihetta, joista kukin keskittyy eri alueeseen. Jokaiseen vaiheeseen kuuluu saatujen hyötyjen ja mahdollisten parannusten arviointi.

1. Sortteeraus (*Sort, Seiri*)

Sortteerauksen yhteydessä työpaikalta poistetaan kaikki tarpeettomat työkalut jolloin vapautuu tilaa. Vaiheen yhteydessä tunnistetaan ylimääräiset tavarat ja arvioidaan, mitä työpaikalla yleisesti tarvitaan. Turhat tavarat poistetaan ja tarvittavien tavaroiden ja materiaalien määrät tarkistetaan. (Työturvallisuuskeskus 2015.)

2. Systematisointi (*Systematic Arrangement, Seiton*)

Systematisoinnin aikana suunnitellaan paras mahdollinen työpaikkajärjestys. Järjestyksen avulla voidaan pitää huolta, että kaikki esineet ovat oikeilla paikoillaan ja mahdolliset puutteet huomataan heti. Tavaroille suunnitellaan omat säilytyspaikat, jolloin käytöstä tulee sujuvaa. (Työturvallisuuskeskus 2015.)

3. Siivous (*Shine, Seisou*)

Siivoukseen liittyy erillisten siivous- ja huolto-ohjelman laatiminen, joiden mukaan työpaikka tulee siivota päivittäin ja koneet ja laitteet huoltaa ajallaan. Siisteydelle ja puhtaudelle asetetaan tavoitteet ja valitaan vastuuhenkilöt huolehtimaan eri alueista ja niihin liittyvistä tarkastamiskäytännöistä. Siivoukseen liittyvä toiminta systematisoidaan ja hankitaan oikeanlaiset välineet vaiheen toteuttamiseksi ja määritetään kullekin käyttäjälle omat vastuunsa. (Työturvallisuuskeskus 2015.)

4. Standardisointi (*Standardize, Seiketsu*)

Standardisointivaiheessa työpaikan parhaat käytännöt standardisoidaan ja niitä kehitetään kertyneen kokemuksen pohjalta. Käytännöt jaetaan tasaisesti eri tehtäviin ja vastuisiin ja sovitaan, kuinka ohjelman onnistumista seurataan ja arvioidaan. (Työturvallisuuskeskus 2015.)

5. Seuraaminen (*Sustain, Shitsuke*)

Seuraamisen aikana pidetään huoli, että sovitusta menetelmästä pidetään kiinni ja niitä kehitetään jatkuvasti. Seuraamisen keskeinen tavoite on pitää yllä kommunikointia esimiesten ja henkilöstön välillä ja ottaa yhteinen vastuu 5S-järjestelmän toimivuudesta. (Työturvallisuuskeskus 2015.)

5 Varastorobottia ja sen valmistusta koskevat standardit ja direktiivit

5.1 Konedirektiivi

Konedirektiivin tai koneasetuksen tarkoitus on helpottaa EU-maiden sisällä erilaisten koneiden, koneyhdistelmien, turvakomponenttien ja nostoapuvälineiden myyntiin saattamista ja markkinointia sekä yhtenäistää eri maiden lainsäädäntöä. Konedirektiivi edellyttää, että suunnittelija ja koneen markkinoille saattaja huomioi kaikki koneeseen liittyvät turvallisuusriskit käytön kaikissa ennakoitavissa vaiheissa (riskin arviointi ja riskin pienentäminen). Direktiivi ei koske pelkästään koneisiin liittyviä mekaanisia vaaroja, vaan huomiota kiinnitetään myös muihin vaaroihin, kuten esimerkiksi meluun ja tärinään. Direktiivi koskee useimpia koneita ja laitteita. (SFS-standardisointi 2003.)

Direktiivin soveltamiseksi käytetään eurooppalaisia EN-standardeja, jotka eurooppalainen standardisointijärjestö CEN on laatinut. Standardeista ilmenee yleisesti tunnustetut tavat direktiivien vaatimusten täyttämiseksi. Konedirektiiviä sovelletaan seuraaviin tuotteisiin:

- koneet
- vaihdettavat laitteet
- turvakomponentit
- nostoapuvälineet
- ketjut, köydet ja vyöt
- nivelakselit
- puolivalmisteet. (SFS-standardisointi 2003.)

Konedirektiivissä mainitaan, että ennen koneen markkinoille saattamista tai käyttöönottoa valmistajan on

1. varmistettava, että kone täyttää direktiivin liitteessä I esitetyt sitä koskevat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset
2. varmistettava, että konedirektiivin liitteessä VII olevassa A osassa tarkoitettu tekninen rakennetiedosto on käytettävissä
3. huolehdittava erityisesti tarvittavan tiedon, kuten ohjeiden, saatavuudesta

4. suoritettava asianmukainen vaatimustenmukaisuuden arviointimenettely 12 artiklan mukaisesti
5. laadittava konedirektiivin liitteessä II olevan 1 osan A jakson mukainen EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus ja varmistettava, että se on koneen mukana
6. kiinnitettävä koneeseen CE-merkintä 16 artiklan mukaisesti. (Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. 2006.)

5.2 Konedirektiivin standardit

Konedirektiivin standardit jaotellaan A-, B- ja C-tyyppin standardeihin.

- A-tyyppin standardit määrittelevät koneturvallisuuden perusfilosofian (riskinarvioinnin periaatteet ja turvallisuusajattelun periaatteet). (SFS-standardisointi 2003.)
- B-tyyppin standardit käsittelevät suunnittelijoiden tarvitsemaa perustietoa, kuten melun ja värinän mittaamista, ergonomiaa, turvalaitteita ja turvaetäisyyksiä. (SFS-standardisointi 2003.)
- C-tyyppin standardit sisältävät yksityiskohtaisia yksittäisten koneiden tai koneryhmien turvallisuusvaatimuksia. (SFS-standardisointi 2003.)

Konedirektiivin turvallisuussuunnittelussa kaikkia standardeja ei ole pakko noudattaa, mutta direktiivi asettaa myös pakollisia vaatimuksia. Konedirektiivin avulla pyritään kuitenkin tekemään standardien noudattamisesta luontevaa ja houkuttelevaa käyttämällä yhdenmukaistettuja standardeja. Yhdenmukaistettu standardi on koneturvallisuuteen liittyvä yhteen tai useampaan direktiivin vaatimukseen liittyvä standardi, joka tarjoaa yleisesti hyväksytyn tavan täyttää vaatimukset. (SFS-standardisointi 2003.) Standardeja noudatettaessa kone katsotaan automaattisesti direktiivin vaatimustenmukaiseksi.

Standardeilla pyritään myös helpottamaan riskien arviointia, dokumentointia, riskien pienentämistä, koneiden testausta ja mittaustulosten raportointia. Tiivistettynä standardien avulla yhdenmukaistetaan koneisiin liittyvää toimintaa ja pyritään saattamaan se halutulle tasolle.

5.3 SFS-EN ISO 10218-2

Standardi SFS-EN ISO 10218-2 sisältää robottien ja robotiikkalaitteiden turvallisuusvaatimukset teollisuusroboteille. Standardista ilmenee myös, mitä koneita se koskee ja mitkä vaaratilanteet siinä otetaan huomioon. Sen ohjeet liittyvät henkilöiden turvallisuuden varmistamiseen robottijärjestelmän kokoonpanon, testauksen, käytön ja korjauksen aikana. (SFS-EN ISO 10218-2 2011.)

5.3.1 Rakenneosien virhetoiminnot

Standardin SFS-EN ISO 10218-2 mukaan *"Robotin rakenneosat on suunniteltava, rakennettava, varmistettava tai pidettävä paikoillaan niin, että irtoamisesta tai löystymisestä tai varastoituneen energian purkautumisesta aiheutuvat vaarat saadaan mahdollisimman pieneksi"*. (SFS-EN ISO 10218-2 2011.)

5.3.2 Sähköliittimet

Standardin SFS-EN ISO 10218-2 mukaan *"Sellaiset sähköliittimet, jotka voivat irrotettaessa tai itsekseen irrotessaan aiheuttaa vaaroja, on suunniteltava ja rakennettava niin, että tarkoittamaton irtoaminen on estetty"*. (SFS-EN ISO 10218-2. 2011.)

6 Kokoonpano-ohje

6.1 Kokoonpano

Kokoonpano on osien, tarvikkeiden ja komponenttien liittämistä toisiinsa jonkin tuotteen luomiseksi. Kokoonpanossa on usein alikokoonpanoja joista loppukokoonpano muodostuu. Tuotteen kokoonpaneminen saattaa viedä jopa 20–40% kokonaistyöajasta. (VTT 2011: 11.)

Kaikkea kokoonpanotyötä ei voida, eikä kannata automatisoida, ja siksi suuri osa työstä on edelleen täysin manuaalista. Nykyään erilaisten osien valmistus on saatu optimoitua automatiikan ansioista, mutta kokoonpanotyössä on usein paljon turhia työvaiheita tai muutoin aikaa ja resursseja vieviä toimintoja. Tämän takia ohjeistus ja erilaiset tuotantotyön standardointimenetelmät ovat tärkeitä. (VTT 2011: 11.)

Kokoonpano on valmistuksen kannalta tärkein työvaihe sillä se yhdistää kaiken tiedon tuotteesta valmiiksi kokoonpanoksi. Usein eri osien valmistuksesta löytyy kattavasti tietoa ja ne pystytään valmistamaan niin, että niitä koskevat vaatimukset täyttyvät, mutta kokoonpanotyöstä on vähän tietoa saatavilla. Ongelmaksi muodostuu usein, että ei ole olemassa yhtä oikeaa kokoonpanorakennetta kaikille tuotteille ja suunnitteluvaiheessa saatetaan unohtaa kokoonpantavuuden merkitys. Kokoonpano on suunnittelutyön tulos ja ilman huolellisesti suunniteltua kokoonpanotyötä tuote ei toimi halutulla tavalla. (VTT 2011: 11-12.)

Tuotannossa kokoonpanoja valmistettaessa tulee muistaa, että jopa laadullisesti hyvistä osista voidaan tehdä toimimaton tuote ja huonolaatuisista komponenteista hyvä kokoonpano. Tämä tekee kokoonpanotyön laadun määrittämisestä moniselitteisempää kuin yksittäisen komponentin. (VTT 2011: 12.)

6.2 Ohjeen laadinnan taustaa

Kokoonpano-ohjeen tarkoituksena on helpottaa ja nopeuttaa kokoonpanoprosessia, sekä taata valmistettavalle tuotteelle tasainen ja hyvä laatu. Ohjeen tulee kuvata, mitä on

tehtävä, havainnollistaa oikea työjärjestys ja kertoa vaadittavat työkalut. Tärkeä osa kokoonpano-ohjetta ovat havainnollistavat valokuvat, kokoonpano-kuvat sekä joissakin tapauksissa 3D-mallit mikäli työntekijällä on käytössään tietokone. Parhaiten hyvä ohje saadaan toteutettua yhteistyössä kokoonpanijoiden kanssa, jolloin päästään tuotantoprosessissa nopeuteen ja pienempiin virhemääriin.

Ihminen ajattelee kokoonpanot usein osien hierarkiana ja osat luokitellaankin omiin ryhmiinsä tärkeytensä perusteella ja samaan luokkaan kuuluvat osat koetaan tärkeiksi lisätä kokoonpanoon samaan aikaan tai järjestyksessä peräkkäin. (Agrawala ym. 2003.) Tämän vuoksi ohjetta tehdessä suunniteltiin asentajien kanssa eräänlaiset alikokoonpanot pääkokoonpanolle, jolloin työ saatiin paloitetua osiin ja komponentit omiin alaluokkiinsa.

Tutkimukset ovat osoittaneet, että kokoonpano on helpompi suorittaa osissa niin, että ohjeessa ei kerralla näytetä kaikkia tehtäviä osien liitoksia. Koska osat luokitellaan usein tärkeytensä perusteella omiin luokkiinsa, pidetään tärkeämpien komponenttien liitosohjeita keskeisinä kokoonpanijan näkökulmasta. (Agrawala ym. 2003.) Ohje jaettiin neljään eri alikokoonpanoon, jotka sisältävät kukin kahdesta neljään vaihetta. Kussakin osassa on lueteltu ensin työvaiheeseen tarvittavat työkalut sekä optimaalinen työjärjestys ja kuvaus työvaiheesta. Osioihin on liitetty niiden kanssa tärkeät kokoonpanokuvat ja valokuvia koskien vaikeimpia tai muuten kriittisiä vaiheita asennuksessa.

Suurin osa ohjeista on perinteisessä paperimuodossa (Kuva 10), mutta nykyään yhä useampi ohje tehdään sähköiseen muotoon, koska silloin voidaan käyttää visuaalisina apukeinoina kuvien lisäksi videoita ja 3D-malleja. Sähköinen ohje on myös helpompi päivittää ja muutokset tulevat heti näkyviin ohjeeseen sekä ohjeen selaaminen on helpompaa. Kehittyneimmissä ohjeissa käytetään myös AR-teknologiaa apuna kokoonpanotyössä. Varsinaiset ohjeenluontiohjelmat ovat myös yleistyneet, ja niitä on nykyään varsin paljon saatavilla, mutta usein ongelmaksi muodostuvat kalliit ohjelmalisenssit. Lisäksi suuri osa yrityksistä valmistaa räätälöityjä kokonaisuuksia, joille ohjeet pitäisi luoda jokaiselle erikseen.

Työohje	Tuote: MUSTA KAHVI	Tehdas: OMA KEITTIÖ	Selu: 25 MIN	Laaja: ILKKA KOURI
	Asiakas:	Osoite:	Tahdaksi: 1/1	Hyväksyjä:
Tehtävä: MUSTAN KAHVIN KEITTO			Sivu: 1/1	Päivätty: 27.1.2010
Kuvat ja piirrokset				
				
#	Päävaihe (nro)	Avainkohdat (nro)	Ref	Syyt (nro)
1	TÄYTÄ VESISÄILIÖ	1.		
2	ASENNA SUODATIN	2.		
3	LISÄÄ KAHVI	3.		
4	KÄYNNISTÄ LAITE	4.		
5	TARKISTA KAHVIN VALMISTUMINEN	5.		
6	SÄÄNNÖTÄ KEITTOTEHO	6.		
<div> <div> <div>+</div> <div>Turvallisuus, ergonomia</div> </div> <div> <div>+</div> <div>Laatu, tarkkuus</div> </div> <div> <div>+</div> <div>Tekniikka</div> </div> <div> <div>+</div> <div>Kustannus</div> </div> </div> <div> <div>+</div> <div>Työkalut</div> </div> <div> <div>+</div> <div>Tuote-ominaisuudet</div> </div>				
<div> <div>+</div> <div>MONKAMASTER P100</div> </div>				

Kuva 10. Esimerkki perinteisestä paperiohjeesta.

6.3 Ohjeen kannalta keskeiset Lean-ongelmat

Kokoonpano-ohjeella voidaan vaikuttaa Lean-mallin tuotantoa koskeviin ongelmiin, erityisesti laatuvirheisiin, ylikäsittelyyn ja tarpeettomiin liikkeisiin työskentelyssä. Ohjeen tulee antaa asentajalle keskeinen tieto tuotteen kokoamisesta, jotta edellä mainituilta ongelmilta välttyttäisiin.

Ennen ohjeen tekemistä selvitettiin, missä kokoonpanon vaiheissa oli ilmennyt eniten ongelmia. Laatuvirheiden välttämiseksi ohjeeseen lisättiin vaativien työvaiheiden tueksi kuvia ja sanallinen selostus työvaiheesta tai sen osasta. Ohjeesta ilmenee myös kulloinkin tarvittavat työkalut ja järjestys sekä kuhunkin alikokoonpanoon tarvittavat komponentit ja niiden määrä. Tämä vähentää merkittävästi ylikäsittelyn ja tarpeettomien liikkeiden määrää. Ohjeen suunnittelun ohessa otettiin huomioon uudet tuotantotilat, joissa jokaiselle työvaiheelle oli varattu oma työpisteensä. Työpisteillä on niille merkityt työkalut ja tarvittavat työtasot kutakin työvaihetta varten, jolloin välttyään turhalta ajan-ikäytöltä oikeanlaisten työvälineiden etsimisessä ja säilytetään työympäristö turvallisena ja ergonomisena (Kuva 11).



Kuva 11. Työpisteellä on kaikki tarvittavat työkalut valmiina.

7 Kokoonpano-ohjeen luontiprosessi

7.1 Alkutilanne

Festolla ei ollut aikaisempaa kokemusta vastaavanlaisista kokoonpano-ohjeista, ja aiemmin tuotannossa apuna oli käytetty pelkästään tuotteen piirustuksia. Kaikista osista ei ollut 3D-mallia käytettävissä. Ohjeen valmistelua koskien ei ollut asetettu minkäänlaisia rajoituksia, mutta ohje saisi jäädä vain Festo Oy:n ja robotin tilaajan käyttöön. Niinpä ohjeen sisältö voitiin suunnitella täysin yrityksen tarpeiden mukaiseksi. Tuotteen valmistusta varten oli varattu uusi tuotantotila, johon sijoitettiin uudet työpisteet eri kokoonpanovaiheille. Jokaisella asentajalla on uusi tablet-laite, jonka avulla ohjetta voi käsitellä sähköisessä muodossa.

Ohjeen tavoitteena oli nopeuttaa kokoonpanoprosessia ja vakiinnuttaa työskentelykäytäntöjä, jotta tuotteen laatu olisi mahdollisimman hyvä. Tuotteen menekkin ollessa merkittävä ohjeen merkitys korostuu, sillä tuotannossa esiintyvät viivästykset kertautuvat helposti muihin tilauksiin tulevaisuudessa.

7.2 Tuotantotilat

Varastorobotin kokoonpanoa varten suunniteltiin uusi tuotantotila vanhaan takatilaan, joka oli aikaisemmin käytössä vuokralaisilla varastona (Kuva 12). Tuotantotilaan uusittiin valaistus sekä lattia ja maalattiin lattiaan kulku- ja kuljetusreitit. Tila jaettiin kolmeen osaan kutakin kokoonpanoa varten, jotta välttyttäisiin osien ja työkalujen sekoittumiselta sekä ylimääräiseltä liikkumiselta. Tuotantotilat suunniteltiin käyttäen japanilaista 5S-mallia ja soveltaen Lean-filosofiaa. Tämä näkyy konkreettisimmin erilaisina eri työvaiheita ja siivousta koskevin ohjeistuksina, joiden pohjalta toiminta voidaan vakinaistaa. Jokaiselle työkalulle, työpöydälle ja komponenttikärrylle on oma merkitty paikkansa, johon se tulee palauttaa työpäivän päätteeksi. Tuotantotilaan tulee jatkossa muutoksia muuttuvien vaatimusten takia.



Kuva 12. Uudet tuotantotilat.

7.3 Kartoitus

Kokoonpano-ohjeen luominen aloitettiin kartoittamalla asentajien tarpeet. Kaikki asentajat olivat sitä mieltä, että ohjeissa tärkeintä on visuaalinen materiaali. Myös työkaluluettelot koettiin hyödyllisiksi ja kokoonpanotyötä nopeuttaviksi elementeiksi. Ohjetta toivottiin paperiformaatissa sen käyttövarmuuden ja helppouden takia.

Kun tärkeimmät ohjetta koskevat osa-alueet saatiin kartoitettua, keskityttiin ohjeen formaatin valintaan. Koska jokaisella työntekijällä on nykyään käytettävissä oma tablet-laite työkuvien ja piirustusten selailuun, oli luontevaa luoda ohje sähköiseen muotoon. Suurimpina rajoituksina formaatin valinnassa olivat hinta ja 3D-mallien puute. Suurin osa nykyisistä ohjeidenluontiohjelmistoista käyttää kokoonpanokuvien lisäksi 3D-malleja ja animaatioita, joiden luominen tai saanti asiakkaalta olisi ollut liian työlästä tai mahdollonta. Lisäksi ohjelmat ovat verrattain kalliita, kun ohjeita ei luoda tai päivitetä jatkuvasti.

7.4 Robotin kokoaminen

Ohjeen luomisen kannalta kriittinen osa oli ymmärtää koottavan tuotteen rakenne ja ongelmakohdat kokoonpanossa, minkä takia robotti koottiin alusta asti aina asiakkaalle valmiiksi kokonaisuudeksi. Robotin kokoonpanotyön yhteydessä aloitettiin myös varsinaisen ohjeen luominen. Ohjetta tehtiin sitä mukaa eteenpäin, kun alikokoonpanoja saatiin valmiiksi. Alikokoonpanot siirrettiin myös ohjeeseen, jotta ohjeesta saataisiin jäsennellympi. Kokoonpanotyön yhteydessä otettiin paljon kuvia eri vaiheista ja komponenteista, jotta ohjeen visuaalinen anti olisi mahdollisimman kattava.

Robottia kootessa huomattiin joitakin robotin toiminnan kannalta kriittisiä asennusvaiheita, joiden suorittaminen väärin johtaa lopulta osien kulumiseen ja rikkoutumiseen. Useimmat ongelmat koskivat liikkuvien osien hieroutumista pintaa tai kaapelia vasten, jolloin joko itse osa rikkoutuu tai kaapeli kuoriutuu tai katkeaa (Kuva 13). Rikkoutuneet kaapelit voivat johtaa toimintahäiriöiden lisäksi vaaratilanteisiin.



Kuva 13. Energiansiirtoketjua vasten hankautunut rikkiäinen kaapeli.

7.5 Ohjeen rakenne

Ohjeen rakenne noudattaa robotin loogisinta kokoamisjärjestystä. Jokaisen osion alussa kerrotaan tarkasti tarvittavat työkalut, erityistä huomiota vaativat asennusvaiheet sekä tehokkain työjärjestys (Kuva 16). Huomiota vaativien asennusvaiheiden tueksi on liitetty kommentoitu kuva tai kuvasarjoja (Kuva 15), joiden tarkoitus on helpottaa asennusta ja

välttää virheitä. Jokaisen osion loppuun on liitetty kutakin alikokoonpanoa koskevat kokoonpanokuvat ja osalistat.

Ohjeessa mainitaan kuinka johdinsarjoja kootessa johdot tulee kiinnittää liittimeen. Johdojen paikallaan pysyminen varmistetaan jo kuvissakin olevalla vedonpoistavalla nippusiteellä. Liittimet on suunniteltu niin, että vedonpoistoa varten on tehty valmiiksi reiät. Jatkossa johtosarjat tullaan tilaamaan alihankkijoilta ja ohjeistusta ei liittinten osalta tarvita.

Kokoonpano-ohjeeseen on liitetty erilliset ohjeet kaikkien niiden kiinnikkeiden kiinnitystä varten, jotka eivät ole asentajille jokapäiväisiä ja tuttuja kiinnitystapoja (Kuva 14). Robotin prototyyppikappaleiden vikailmoitusten perusteella pystyttiin eliminoimaan kiinnitysvirheet (Kuva 15) jatkossa ottamalla huomioon asennuksesta johtuvat kiinnitysviat. Jokaisen kiinnikkeen asennusta varten ohjeessa ilmoitettiin erikseen sille sopiva työkalu, joka löytyy kuhunkin asennusvaiheeseen tarkoitetulta työpisteeltä (Kuva 16).

Kokoonpanotyö tapahtuu edelleen kokoonpanokuvien pohjalta, mutta ohjeistuksella saadaan vakiinnutettua työtavat ja optimoitua kokoonpanoprosessi. Ohjeistuksella voidaan myös varmistaa, että tuotetta voidaan valmistaa ongelmitta vaikka nykyiset asentajat eivät olisi käytössä.

VÄÄRIN

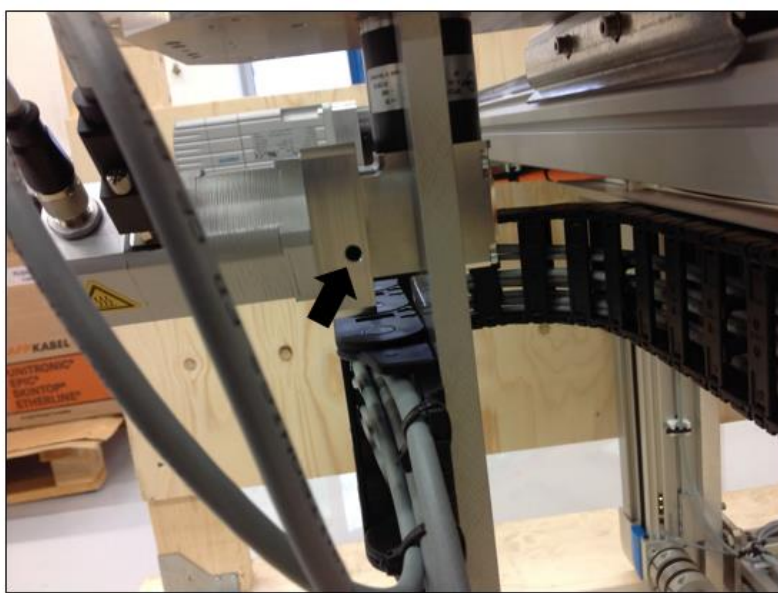


OIKEIN



Kuva 1. T-mutterin oikea asento urassa kiristyksen jälkeen.

Kuva 14. Esimerkki kokoonpano-ohjeen kiinnikkeitä koskevista tarkennuksista.



Kuva 20. Akselin kiristysaukko on oltava esteettömästi näkyvillä.

Kuva 15. Havainnekuva ohjeesta.

1.3 Rungon kiinnitys lavaan

Työkalut:

1. Ruuviväännin + ristipääkärki
2. Rullamitta
3. Suorakulma
4. Lyijykynä/tussi

Huomioitavaa:

1. Mitat otetaan lavan päällimmäisen vanerilevyn reunasta (kts. sivu 7, Kuva 7).
2. Mitta takareunasta on otettava molemmista päistä, jotta runko tulee suoraan.

Työjärjestys:

1. Mittaus ja merkitseminen ylemmän levyn reunasta.
2. Rungon kiinnitys lavaan ruuveilla (**Wronic-ruuvi sinkitty, matalakanta 4,2 x 25, 6kpl**) kannakkeiden avulla (kts. sivu 7, kuva 8).

Kuva 16. Esimerkki osion etusivusta.

8 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli luoda toimiva ohje varastorobotin kokoamista varten. Työ valmistui ajallaan ja kattoi kaikki halutut osa-alueet sekä antoi paljon uusia kehitysehdotuksia ja suunnitelmia tulevaisuuden varalle. Ohjeen tekoprosessi jakautui selvästi kahteen eri osaan. Ensimmäisessä osassa kokoonpantiin robotti ja tutustuttiin alikokoonpanoihin ja komponentteihin sekä kartoitettiin ongelmakohtia kokoonpanotyössä. Toisessa osassa keskityttiin itse ohjeen luontiin ja syvennyttiin ohjeen käytettävyyden ja Lean-mallin tutkimiseen. Ohje on tehty PDF- ja paperi-formaatissa, jotta kustannukset pysyisivät ohjeen osalta mahdollisimman alhaisina.

Kokemus on osoittanut, että ohjeen avulla varastorobotti on huomattavasti helpompi koota ensi kertaa ja virheiden määrä laskee merkittävästi. Ohjetta on jouduttu päivittämään jo sen valmistumisenkin jälkeen ja myöhemmin keskitytään enemmän ohjeen päivittävyyden kehittämiseen. Myöhemmin on myös mahdollista ottaa käyttöön jokin erillinen ohjeenluontiohjelmisto, kun yhä useammalle tuotteelle tehdään omat kokoonpano-ohjeet.

Ohjeen luomisen ohessa uusia tuotantotiloja muokattiin yhä enemmän Lean-mallin mukaiseksi. Tämä edesauttoi muun muassa ohjeen työkaluohjeistusta, sillä kaikki mainitut työkalut ovat nyt helposti löydettävissä. Tuotantotilojen kehittäminen jatkuu edelleen ja jatkossa on tarkoitus käydä koko tuotantolinja ja varasto läpi Lean-mallin mukaisesti.

Insinööritö antoi laajan käsityksen Lean-filosofiasta ja sen soveltamisesta tuotantoon, sekä kattavan tietämyksen varastorobotista tuotteena. Lean osaamista voi jatkossa hyödyntää tuotannon tehostamisessa ja tuotteen arvon maksimoinnissa. Kokoonpano-ohjeita tullaan jatkossa tekemään lisää ja robotin ohjeesta saatu kokemus antoi paljon tietoa tulevaisuuden ohjeiden luontia varten.

Lähteet

Agrawala, Maneesh – Phan, Doantam – Heiser, Julie – Haymaker, John – Klinger, Jeff – Hanrahan, Pat – Tversky, Barbara 2003. Designing Effective Step-By-Step Assembly Instructions. ACM Transactions on Graphics. [Saatavilla sähköisesti]
<https://graphics.stanford.edu/papers/assembly_instructions/assembly.pdf>. Luettu 10.7.2015.

Chiarini, Andrea 2013. Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office. Milano: Springer-Verlag Italia.

Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto 2006. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY. Verkkojulkaisu. <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006L0042:FI:HTML>>. Luettu 13.8.2015.

Festo. 2015. Yrityksen kotisivu. <<http://www.festo.com>>. Luettu 20.8.2015.

Festo AG & Co. 2015. Verkkodokumentti. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Festo>>. Luettu 20.8.2015.

Firoozian, Riazollah 2009. Servo motor and industrial control theory. New York: Springer Science + Business Media.

Kiong, Kok Tan – Putra, Sudjana Andi 2011. Drives and Control for Industrial Automation. Lontoo: Springer Verlag London Limited.

Kouri, Ilkka. 2010. Lean Taskukirja. Helsinki: Teknologiateollisuus Ry.

Manipulator. 2015. Verkkodokumentti. <<https://en.wikipedia.org/wiki/Manipulator>>. Luettu 5.8.2015

SFS-EN ISO 10218-2. 2011. Robots and robotic devices. Safety requirements for industrial robots. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-standardisointi 2003. 2003. Teknologiateollisuuden koneturvallisuustiedote. Verkkojulkaisu. <<http://web.archive.org/web/20070928100008/http://www.teknologiateollisuus.fi/standard/uutiset/liitteet/kone-standardit.pdf>>. Luettu 12.7.2015.

Työturvallisuuskeskus. 2015. Tuottavuus-ja tuloksellisuustyö. Verkkojulkaisu. <http://www.tuottavuustyö.fi/menestyva_tyopaikka/hyva_laatu/5_s_laatuja_jarjestelma>. Luettu 5.8.2015.

VTT 2011. Työohjeiden laadintamenetelmiä kappaletuotannossa. Verkkojulkaisu. <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2011/W162.pdf>>. Luettu 14.8.2015.

